

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

**TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ**

**SELECCION E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PINTURA
ELECTROSTÁTICA BASE POLVO**

Camilo Vicente Loaiza Córdova

Director: Ing. Andrés Gavilánez V.

Quito, Ecuador

2010

CERTIFICACION

Yo, Camilo Vicente Loaiza Córdova declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, autentica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Camilo Vicente Loaiza Córdova

CI: 0703154310

Yo, Ingeniero Andrés Gavilánez V., declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, Camilo Vicente Loaiza Córdova, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, autentica y personal suya.

Ingeniero Andrés Gavilánez V.

Director

AGRADECIMIENTO Y DEDICATORIA

*A mi Madre Dolorosa, quien ha sido mi guía
a lo largo de toda mi vida estudiantil.*

RESUMEN

El presente proyecto se realizó en la ciudad de Quito, cantón del mismo nombre, de la provincia de Pichincha, en la Universidad Internacional del Ecuador, el principal objetivo del proyecto fue la selección e implementación de un sistema de pintura electrostático para la Facultad de Mecánica Automotriz de dicha Universidad, de esta manera aportar al desarrollo tecnológico mediante el correcto aprendizaje de la técnica de pintado con pintura en polvo.

Para el desarrollo del proyecto se importó el equipo adecuado, y se realizó la investigación debida sobre los conceptos, procesos, técnicas y seguridad, para la correcta aplicación de la técnica. El equipo con el cual se trabajó en el proyecto y se implementó es adecuado para pequeños trabajos en laboratorio, y específico para capacitaciones.

El equipo de laboratorio que se implementó, es un equipo que trabaja en base a un sistema corona. Con pintura en polvo que se fabrica y encuentra en el mercado local.

Se elaboró un capítulo especial, donde se describe las posibles causas y soluciones a los problemas que pueda presentarse en el uso del equipo.

SUMMARY

This project was made in Quito, at Universidad Internacional del Ecuador, the main goal of this project was the selection and implementation of a electrostatic painting system for the Auto Mechanics faculty of Universidad Internacional del Ecuador, contributing to the technological development through learning the powder coated paint technique.

For the development of the project the needed equipment was imported, and all the investigation about Concepts, processes, techniques, and security was made; the equipment is designed to be used in laboratories and specifically for capacitate.

The laboratory equipment that was implemented, is a crown system based equipment, with powder-coated paint that is locally manufactured

A special chapter was written were possible causes and Solutions for common problems with the equipment can be found.

INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN	3
SUMMARY	7
1. CONCEPTOS BASICOS DE CONOCIMIENTO.....	13
1.1. CONCEPTO DE PINTURA ELECTROSTATICA	13
1.1.1. Electricidad Estática.....	13
1.1.2. Electrostática	13
1.1.3. Campo Electrostático.....	14
1.1.4. Aislantes y Conductores	15
1.2. PROCESO DE PINTADO.....	16
1.3. TIPOS DE PINTURA ELECTROSTATICA	16
1.3.1. Por el Tipo de Pintura	16
1.3.1.1. Pintura Electrostática Base Polvo.....	17
1.3.2. Por el Tipo de Carga.....	24
1.3.2.1. Sistema Corona.....	24
1.3.2.2. Sistema Tribo.....	25
1.4. CURADO DE LAS PIEZAS.....	26
2. SELECCIÓN DEL EQUIPO	29
2.1. PARAMETROS PARA LA SELECCION.....	29
2.1.1. Estudio de posibilidades.....	29
2.1.1.1. Equipo para cambio rápido de color	31
2.1.1.2. Equipo sin Depósito.....	32
2.1.1.3. Equipo con doble Salida	33
2.1.1.4. Equipo con una salida (fabricante “A”).....	34
2.1.1.5. Equipo con una salida (fabricante “B”).....	35
2.1.1.6. Equipo de Laboratorio	36
2.1.2. Cuadro de especificaciones técnicas de los equipos.....	38
2.1.3. Necesidades de la Facultad	39
2.1.3.1. Área de Trabajo	39
2.1.3.2. Influencia del Sistema	42
2.1.4. Cuadro Valorativo de las Necesidades de la Facultad	43

2.2.	SELECCIÓN	45
2.2.1.	Cuadro Valorativo de los Equipos	45
2.2.2.	Económico	47
2.2.3.	Funcional	49
2.2.4.	Didáctico	51
3.	IMPLEMENTACION	55
3.1.	INSTALACIONES ELECTRICAS	55
3.1.1.	Necesidades eléctricas del equipo seleccionado	55
3.1.2.	Instalación de corriente alterna 110 voltios	56
3.1.3.	Instalaciones a Tierra	57
3.2.	INSTALACIONES NEUMATICAS	58
3.2.1.	Necesidades neumáticas del Equipo Seleccionado	58
3.2.2.	Instalación de filtros	58
3.2.3.	Instalación de Cañerías	59
3.2.4.	Instalación de acoples rápidos	60
3.3.	INSTALACIONES DE SEGURIDAD	61
3.3.1.	Señalización	61
4.	PARTES Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO SELECCIONADO	63
4.1.	PARTES DEL SISTEMA	63
4.1.1.	Compresor	63
4.1.2.	Regulador de presión	64
4.1.3.	Filtros	64
4.1.4.	Cañerías	66
4.1.5.	Acoples rápidos	67
4.1.6.	Fuente de poder	68
4.1.7.	Pistola de aplicación	68
4.1.8.	Conducto de salida	69
4.1.9.	Copa recipiente de polvo	70
4.1.10.	Tubo salida de aire	70
4.1.11.	Tubo entrada de aire	71
4.1.12.	Gatillo	72
4.1.13.	Polo conductor	72
4.1.14.	Clip a tierra	72
4.1.15.	Interruptor de pedal	73
4.1.16.	Boquilla	73
4.1.17.	Emisor	74

4.1.18.	Tornillo regulador	74
4.1.19.	Indicador de encendido	75
4.1.20.	Indicador de carga.....	75
4.1.21.	Interruptor	76
4.1.22.	Válvula de reducción de presión	76
4.2.	FUNCIONAMIENTO	77
4.3.	MANTENIMIENTO	81
5.	PRECAUCIONES E INDICACIONES DE SEGURIDAD.....	82
5.1.	PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.....	82
5.2.	ADVERTENCIAS	86
5.2.1.	Advertencias adicionales de seguridad para el sistema de pintura en polvo	86
6.	PROBLEMAS, POSIBLES CAUSAS Y POSIBLES SOLUCIONES EN EL ACABADO.....	88
6.1.	PROBLEMAS EN MANGUERAS Y BOMBEO	89
6.2.	EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA ELECTROSTATICO.....	91
6.3.	ESTUDIO DE PIEZAS CURADAS.....	97
6.3.1.	Propiedades físicas finales del producto curado	97
6.3.2.	Apariencia de la película curada	100
6.3.3.	Irregularidades en la película curada	105
6.4.	ESTUDIO DE POSIBLES PROBLEMAS CON EL POLVO	109
6.4.1.	Insuficiente polvo en producción.....	109
6.4.2.	Pobre cobertura del polvo.....	111
7.	ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO	114
7.1.	PRESUPUESTO ESTIMADO AL INICIO DEL PROYECTO	114
7.1.1.	Ingeniería y administración:.....	114
7.2.	DESGLOSE DE LOS COSTOS REALES DEL PROYECTO.....	115
7.3.	COSTO TOTAL DEL DESARROLLO DEL PROYECTO	116
7.4.	CONCLUSIONES ECONOMICAS	117
7.5.	FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO.....	117

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
8.1. CONCLUSIONES	118
8.2. RECOMENDACIONES	119
9. BIBLIOGRAFIA	121

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Equipo – Modelo IJ-900RM – recipientes múltiples	21
FIGURA 2.2: Equipo – Modelo AN-33 VG	22
FIGURA 2.3: Equipo – Modelo Q 07 Doble	23
FIGURA 2.4: Equipo – Modelo IJ-1001	24
FIGURA 2.5: Powdertronic AN-11	25
FIGURA 2.6: Powdertronic LAB II	26
FIGURA 4.1: Manómetro regulador de presión	54
FIGURA 4.2: Filtro de aire de 40 micras	55
FIGURA 4.3: Sistema de filtrado de aire	55
FIGURA 4.4: Manguera de 8 mm	56
FIGURA 4.5: Unión entre el sistema de filtrado y la pistola de aplicación por medio de manguera y acoples rápidos	56
FIGURA 4.6: Acople rápido de la manguera	57
FIGURA 4.7: Acople rápido de la pistola de aplicación	57
FIGURA 4.8: Fuente de Poder	58

FIGURA 4.9: Pistola de Aplicación	.....	59
FIGURA 4.10: Conducto de salida	.....	59
FIGURA 4.11: Copa recipiente de polvo	.....	60
FIGURA 4.12: Tubo salida de aire	.....	61
FIGURA 4.13: Tubo entrada de aire	.....	61
FIGURA 4.14: Gatillo de la pistola de aplicación	.....	62
FIGURA 4.15: Clip a Tierra	.....	63
FIGURA 4.16: Interruptor de pedal	.....	63
FIGURA 4.17: Boquillas	.....	64
FIGURA 4.18: Emisor	.....	64
FIGURA 4.19: Tornillo regulador	.....	65
FIGURA 4.20: Indicador de Encendido	.....	65
FIGURA 4.21: Indicador de Carga	.....	66
FIGURA 4.22: Interruptor	.....	66
FIGURA 4.23: Válvula de reducción de presión	.....	67

CAPITULO 1

1. CONCEPTOS BASICOS DE CONOCIMIENTO

1.1. CONCEPTO DE PINTURA ELECTROSTATICA

Para poder dar un concepto de pintura electrostática necesitamos conocer algunos conceptos básicos sobre electricidad estática, electrostática, campo electrostático, conductores y aislantes; que a continuación se conceptualizan.

1.1.1. Electricidad Estática

Se llama electricidad estática al fenómeno que ocurre cuando existe una acumulación de cargas eléctricas en un objeto. Cuando estos objetos se ponen en contacto con otros se puede dar lugar a una descarga eléctrica, esto no es otra cosa que un simple fenómeno que ocurre cuando un cuerpo electrizado pierde su carga.

1.1.2. Electrostática

Son aquellos fenómenos eléctricos producidos por distribuciones de cargas estáticas, sabiendo que esta acumulación de carga estática es en realidad la carga eléctrica

que tiene un objeto, la distribución de esta carga se puede dar de un objeto a otro, y en este caso se atraen o repelen dependiendo de sus cargas, entonces, se propone la existencia de dos tipos de carga, positiva y negativa.

1.1.3. Campo Electrostático

El concepto de campo electrostático surge de la necesidad de explicar la forma de interacción entre dos cuerpos en ausencia de contacto físico, considerando una carga fija en una determinada posición, y se coloca otra carga en otro punto a cierta distancia de la carga fija, aparecerá una fuerza eléctrica actuando sobre esta carga que sale desde la carga fija. Entonces, si en este campo las cargas son de distinto tipo es decir positivas y negativas se atraen, y si son del mismo tipo se repelen, entonces, las líneas de fuerza que parte de una carga positiva deben terminar en cargas negativas, estas líneas de fuerza son proporcionales a la cantidad de carga respectiva y a la vez son perpendiculares a las superficies de los objetos en los lugares donde se conectan con ellas, esto se debe a que sin importar la forma de las superficies, nunca se encuentran componentes de fuerza eléctrica paralelas a la superficie de dicho objeto, ya que si esto sucediera, el exceso de carga existente en la superficie comenzaría a acelerar, y aparecería un flujo de carga en el objeto, lo cual nunca sucede en la electricidad estática.

1.1.4. Aislantes y Conductores

Existen materiales en los cuales los electrones están firmemente unidos a sus respectivos átomos, estas sustancias no poseen electrones libres y no será posible el desplazamiento de carga a través de ellos. Al depositar una carga eléctrica en ellos, la electrificación se mantiene localmente. Y denominadas aislantes o dieléctricos. Los electrones más alejados de los núcleos respectivos adquieren fácilmente libertad de movimiento en el interior del sólido. Estos electrones libres son las partículas que transportan la carga eléctrica. Al depositar electrones en ellos, se distribuyen por todo el cuerpo, y viceversa, al perder electrones, los electrones libres se redistribuyen por todo el cuerpo para compensar la pérdida de carga. A estos se los llama conductores.

Se puede definir básicamente a la pintura electrostática, como la técnica que se basa en la conducción de cargas eléctricas a través de un campo electrostático donde tenemos un cuerpo "A" que es la pistola, donde se carga eléctricamente a la pintura, y se la dispara hacia el campo electrostático, cada partícula de "polvo" (pintura) buscará donde descargarse, que será en la pieza a ser pintada, la cual está cargada opuestamente a la pintura, y por tanto solo esperará adherirse; es este el concepto básico que podemos dar a la técnica de pintura electrostática; mas adelante explicaremos detalladamente el funcionamiento de este sistema o técnica.

1.2. PROCESO DE PINTADO

Como toda aplicación tiene un proceso o protocolo a seguir, ahora describiremos de una manera simplificada los pasos del proceso de pintura electrostática, que en otro capítulo describiremos como el funcionamiento del sistema, y estudiaremos mas brevemente cada punto.

Como es en todo proceso de pintura, en el caso de la pintura electrostática no es indiferente, tenemos el tratamiento previo de la pieza, seguido esta la aplicación de la pintura que se debe realizar en una cabina de pintado, y por último el tratamiento térmico que se lo obtiene en el horno de curado a altas temperaturas.

1.3. TIPOS DE PINTURA ELECTROSTATICA

A la pintura electrostática podemos clasificarla por dos formas, por el tipo de pintura que usa, y por el tipo de carga. A continuación se enuncia y describe la clasificación de cada uno de los tipos.

1.3.1. Por el Tipo de Pintura

Por el tipo de pintura se clasifican en dos grupos: los sistemas que utilizan pinturas con base polvo, y aquellos que usan pinturas líquidas.

Nosotros estudiaremos únicamente las pinturas en polvo, ya que el proyecto y tema en estudio junto con el equipo del cual dispondremos es un sistema de pintura electrostático con base polvo.

1.3.1.1. Pintura Electroestática Base Polvo

Su principal característica es que son partículas sólidas, ya que no contienen solventes en su proceso de fabricación ni en su aplicación. Su composición es una mezcla homogénea de minerales, pigmentos y resinas en forma sólida, que es aplicado a las superficies donde se desea pintar, por medio de una pistola de carga electrostática.

La pintura en polvo, ofrece muchas ventajas, y una gran gama de opciones para su aplicación en la industria, siendo usada en prácticamente todos los campos industriales; tiene en la actualidad un extraordinario desarrollo tecnológico lo que garantiza en el futuro su amplia aplicación. A continuación enunciaremos algunas e importantes ventajas que ofrece la pintura en polvo.

La Pintura en polvo produce revestimientos atractivos que se caracterizan por una excelente resistencia a la corrosión, al calor, al impacto, a la abrasión en intemperie y a los cambios extremos de temperatura. La variedad de colores, efectos y texturas es muy amplia. Se puede disponer de productos de alto brillo, semibrillo y mate, efectos metálicos, perlados, transparentes e incluso incoloros. Las terminaciones texturadas, microtexturadas

y martilladas con diseños y brillos muy diversos se utilizan para embellecer piezas, escondiendo pequeñas imperfecciones como marcas de fundición o de herramientas. La Pintura en polvo puede ser formulada para aplicación en diversos espesores, de acuerdo al destino de la pieza.

Es amigable con el medio ambiente. Las pinturas horneables líquidas requieren solventes. Para disponer los solventes es necesario contar con sistemas de extracción, filtrado y recuperación para reducir la emisión de los compuestos orgánicos volátiles (VOC). La Pintura en polvo no contiene solventes y emiten cantidades ínfimas de volátiles. El aire de la cabina de aplicación puede ser usado nuevamente con seguridad total. La alternativa de pintura en polvo es así un proceso más limpio y seguro.

En la medida que el polvo aplicado está seco, el 98% del polvo que no se fija a la pieza durante la aplicación puede ser recuperado y reutilizado. El residuo final generado es muy pequeño y puede ser dispuesto como basura en forma fácil y económica. Podemos afirmar entonces que en el caso de la Pintura en polvo prácticamente todo lo que se aplica queda en la pieza. En algunos casos de tintas convencionales el 50% del producto que se compra se desecha, o sea Ud. paga para tirar parte de lo comprado y además contaminar el medio ambiente.

El consumo de energía para el curado también es menor. En los hornos donde se procesan las pinturas con solvente se requiere calentar y evaporar los solventes, calentar y eliminar grandes cantidades de aire para asegurar que los vapores del solvente no alcancen un nivel

peligroso y potencialmente explosivo. La cantidad de aire que se renueva en los hornos donde se procesa pintura en polvo es mínima, resultando una disminución de costos.

La alta eficiencia de operación de un sistema de pintura en polvo economiza tiempo y recursos. No es necesario tiempo de oreo. Las piezas a ser aplicadas pueden colocarse en forma compacta en la línea de transporte para pasar rápidamente por el proceso productivo, resultando un costo menor por unidad.

Para un alto número de piezas se utiliza aplicación automática, porque la pintura en polvo no escurre ni gotea, por lo que hay un bajo porcentaje de piezas descartadas por calidad.

Usando equipos de aplicación y métodos de recuperación adecuados se puede obtener una eficiencia global de utilización del polvo, en mano única, del 95 al 98%. Cuando se aplica diversidad de colores hay equipos que permiten el cambio de color en apenas algunos minutos.

Existen 5 clases de pinturas en polvo, a continuación las enunciamos y describimos muy brevemente.

Epoxi: Están constituidas por resinas epoxídicas, fueron las primeras desarrolladas y se las utiliza principalmente con fines funcionales.

Las pinturas “Epoxi” son las más utilizadas para piezas auxiliares automotrices, ya que tiene gran resistencia a las naftas, aceites, líquidos de freno, y otros líquidos que utilizan los automotores.

Poliéster: Contienen resinas poliéster endurecidas con triglicidil isocianurato o compuesto similar, se desarrollaron principalmente para su uso al exterior. Estas pinturas tienen gran aplicación en una gran gama de metales, al igual que las epoxi, estas son muy generosas a la exposición a los rayos ultravioletas, y mucha resistencia al calor. Así mismo tienen una muy buena resistencia a la humedad y salinidad.

Epoxi/Poliéster: Son pinturas constituidas por resinas poliéster endurecidas con resinas epoxis, son de uso extendido para aplicaciones interiores debido a su menor costo. Las pinturas híbridas como ésta, se caracterizan por su resistencia a los detergentes y agentes químicos débiles, estos presentan una gran resistencia al sobre horneado.

Poliuretánicas: Fueron desarrolladas principalmente para uso exterior.

Acrílicas: Constituidas por resinas acrílicas, son de aplicación exterior pero de elevado costo.

Composición: Las pinturas en polvo están compuestas por resinas sintéticas, endurecedores, aditivos, pigmentos y cargas. Aunque muchos fabricantes hablan de carga

englobando a los pigmentos, estos tienen particular importancia y deben ser tratados en forma independiente. Ellos son los que brindan el color al recubrimiento.

La composición de la pintura en polvo es demasiado variada como para poder dar porcentajes absolutos, de acuerdo al uso, tipo, o caso de aplicación varía en forma contundente.

Sin embargo se da algunos lineamientos que nos ayudarán a comprender mejor la composición de la pintura.

Las *resinas* son la base de la pintura, son los polímeros que le otorgan el brillo y la mayoría de las propiedades mecánicas a la misma. Un buen recubrimiento no debería tener menos de un 50 - 55% en peso de resina. Así por ejemplo: si se requiere un compuesto de alto brillo o que soporte bien el tratamiento mecánico (maquinado) se debe incrementar necesariamente dicho porcentaje.

Así mismo las resinas utilizadas tienen, en general, una baja "temperatura de transición vítrea" T_g , por lo que sufren un ablandamiento a temperaturas no demasiado elevadas (30 - 35°C); por ello si se almacenan a temperatura ambiente en climas cálidos el producto sufre un apelmazamiento que si bien, no compromete sus propiedades, si crea problemas durante la aplicación. Esto es particularmente importante en las pinturas

transparentes y claras las cuales tienen arriba de un 90% de resina en su composición, lo recomendado en estos casos es almacenar en lugares de temperatura controlada.

Los *endurecedores* son los compuestos que reaccionan con las resinas y permiten que la misma "cure", es decir polimerice. Son específicos de cada sistema, así por ejemplo las resinas poliéster curan con isocianurato de triglicidilo o TGIC, las híbridas no requieren de un endurecedor específico ya que las resinas epoxi y poliéster reaccionan entre sí. La relación Resina – Endurecedor en general no tiene mucha opción de variaciones y es un valor constante, no dando al formulador motivo para alterarla.

Los *pigmentos* como se indicó son de fundamental importancia en la formulación ya que son los que brindan el color a la pintura. Aquí es donde el formulador debe esforzarse para lograr las tonalidades requeridas por los clientes y en mantenerla en los sucesivos "batchs" ya que, pese a la existencia de equipos de medición y ajuste del color, la "elaboración" del color sigue teniendo una buena dosis de arte. Otro punto a considerar por el formulador es la necesidad de utilizar pigmentos específicos para pinturas en polvo, pigmentos que resisten las temperaturas de horneado a las que son sometidos; si el uso de la pieza pintada será al exterior es necesario considerar también que deben soportar los rayos ultravioletas.

Las *cargas* pese a su nombre no solo sirven para "extender" la pintura y hacerla competitiva con su par líquida, sino que, brindan al producto final de importantes propiedades mecánicas, como aumentar la resistencia al impacto, y ayudan a mejorar el

aspecto visual por ejemplo mateando el brillo excesivo. Las cargas principalmente utilizadas son la barita (sulfato de bario) micronizada, precipitada y el carbonato de calcio también micronizado ó precipitado y en algunos casos la dolomita (carbonato de calcio y magnesio).

Los *aditivos* son compuestos que se incluyen para la formulación en cantidades porcentuales pequeñas y que confieren a la pintura ciertas propiedades en cuanto a aspecto, acabado, etc. Los más utilizados son los siguientes: Benzoína: Se la utiliza en pinturas híbridas y epoxídicas para ayudar a la extracción de gases que se producen durante el curado y evitar que produzcan defectos en la película.

Además la pintura en polvo lleva en su compuesto bajas cantidades porcentuales de ceras, acetobutirato de celulosa, nivelantes, mateantes.

Básicamente la fabricación de la pintura en polvo se da en 4 pasos: Pesados de los componentes, Pre mezcla de los componentes, Extrusión, Molienda. Debe tenerse en cuenta y considerar que en ciertos casos esta pintura requiere para su almacenamiento una temperatura controlada.

1.3.2. Por el Tipo de Carga

Las pinturas en polvo también se clasifican por su tipo de carga, que esta guiado hacia el sistema de aplicación, siendo así se consideran dos tipos de aplicación, el sistema corona y el sistema tribo, también llamados carga por ionización y carga por fricción respectivamente.

1.3.2.1. Sistema Corona

La base fundamental de este sistema de aplicación consiste en crear un campo electrostático de gran intensidad (60000-100000 voltios), producido por un generador conectado mediante un electrodo que se encuentra en el orificio de salida de la pintura, así estamos creando un campo electrostático entre las pistolas y las piezas, por lo que a la salida del polvo este cruzara el campo chocando con los electrones y cargándose negativamente, si conectamos la pieza a pintar a masa esta se convierte en una fuente de atracción para la pintura, ya que ésta buscará la tierra más próxima para descargar el electrón con el que se ha cargado a la salida de la pistola.

La gran ventaja de este sistema recae en la facilidad a la hora de manipular el polvo en las limpiezas de las cabinas, ya que aislando bien la cabina se consiguen limpiezas muy rápidas.

1.3.2.2. Sistema Tribo

Este sistema aprovecha la fricción de la pintura con el tubo de transporte para cargar las moléculas de pintura con protones, (Carga +), ya que al chocar con el tubo libera los electrones quedando así la carga positiva.

Las pistolas tribo aprovechan la fricción para cargar electrostáticamente las partículas de polvo.

La bomba de polvo mezcla polvo con aire para ser transportado por el interior del tubo hasta la pistola aprovechando este transporte para separar al máximo las partículas entre sí antes de llegar a la pistola. Al chocar las partículas de polvo con las paredes del tubo de transporte tratado especialmente estas entregan electrones, con lo que se convierten en carga positiva. Los electrones que se han liberado fluyen por el tubo hasta la pistola donde son derivados a tierra.

Para aumentar el rendimiento de este tipo de aplicación las pistolas están compuestas de una zona de carga donde se hace rozar las partículas nuevamente con unas piezas de teflón donde se acababan de cargar definitivamente.

Este sistema posee ventajas sobre el de corona ya que al trabajar con carga positiva no se producen fenómenos como la caja de Faraday o la retro ionización, además posee un mejor estirado del polvo al polimerizar y una excelente penetración en recovecos y esquinas. Su mayor problema es el excesivo desgaste de los componentes ya que la base de trabajo de este sistema es la fricción y la dificultad a la hora de la limpieza de los conductos para cambios de color.

1.4. CURADO DE LAS PIEZAS

El curado de una pieza es el tratamiento térmico que se da a los objetos después del proceso de aplicación del polvo. Este curado no es otra cosa que la fijación de la pintura en la pieza, este proceso se lo realiza en un horno, y la temperatura del mismo dependerá de varios factores así como el tiempo en el que permanecerá el objeto a curar dentro del horno.

El esquema de curado está definido por dos factores, la temperatura del horno y el tiempo de curado. Las condiciones de curado las da el fabricante de la pintura, entonces no podremos formar un criterio de horneado en base a nuestros criterios, ya que, el fabricante considerando los porcentajes de las partes que contienen su polvo, determinará el tiempo y la temperatura a la que deberá curarse su pintura. Lo que si debemos tener en cuenta es la geometría del horno y de la pieza, esto quiere decir:

- *Geometría del Horno:* Esto quiere decir que debemos tener especial cuidado a que no se escape el calor.
- *Geometría de la Pieza:* Está dado por el espesor de la pieza a pintar.

La razón por la que se considera estas dos geometrías es que: La temperatura que buscamos alcanzar es de la pieza, y si tenemos dos chapas de hierro de igual perímetro

pero distinto espesor, el tiempo que necesitarán para alcanzar la temperatura deseada será distinto.

De manera amplia y general los valores que determinan un buen curado y buen acabado en la pieza oscilan entre (la temperatura que se indica, es la que debe tener el horno de curado, y el tiempo se refiere, al que debe permanecer la pieza pintada dentro del horno):

- Temperatura: entre 200 y 180 grados centígrados
- Tiempo: entre 15 y 20 minutos de curado

Cada tipo de pintura presenta su curva de curado, que como ya dijimos está dada por el fabricante y normalmente fluctúa entre los valores ya determinados, pero, dados los tipos de pintura se presenta la temperatura y tiempo de curado para las más usadas. Los datos aquí expuestos como ya se indicó son referenciales, y para el perfecto acabado se debe usar los que brinde el fabricante de la pintura que seleccionemos.

- **Epoxi – Poliéster**

Temperatura: 200 grados centígrados

Tiempo: 25 minutos

- **Epoxi**

Temperatura: 210 grados centígrados

Tiempo: 20 minutos

- **Poliéster**

Temperatura: 250 grados centígrados

Tiempo: 20 minutos

CAPITULO 2

2. SELECCIÓN DEL EQUIPO

2.1. PARAMETROS PARA LA SELECCION

Los parámetros para la selección del equipo están orientados principalmente con las necesidades de la Facultad las mismas que se detallan a continuación.

- Funcional en lo Práctico y Didáctico
- De fácil transporte y movilidad
- Bajos costos de mantenimiento
- Bajos costos de operación
- Aplicación en la Facultad
- Influencia en estudiantes
- Importancia para los docentes

2.1.1. Estudio de posibilidades

Existe una gran gama de ofertas para los equipos, para grandes producciones, para la gran variedad de tipos de pintura, para la infinidad de aplicaciones, etc.

Empezaremos describiendo en general a un equipo de aplicación de pintura electrostática polvo, como son sus partes, funcionamiento y mantenimiento.

Un equipo de pintura electrostática consta de:

- **Depósito de Pintura:** Consta de un tanque cilíndrico el cual tiene una membrana porosa en su base, sobre ella se deposita la pintura en una corriente de aire que se inyecta debajo de esta membrana; de este modo el lecho fluído que forman las partículas tienen un comportamiento similar al de un líquido y entonces se bombea hasta la pistola.
- **Pistola Electrostática:** Es el elemento del equipo donde se carga la pintura. En el caso de equipos *corona* la pistola dispone de electrodos en cascada que brindan al polvo una carga eléctrica entre 60 y 90 kilovoltios. Cuando se trata de equipos *tribo*, la pistola dispone de un cañón de teflón el cual es el que colecta los electrones de la pintura dándole a esta carga positiva. La pistola dispone asimismo de elementos de regulación de flujo, de punteros con diferentes geometrías para cumplir distintos trabajos, y de un gatillo el cual actúa como interruptor de puesta en marcha en equipos manuales.
- **Fuente de Poder:** La fuente de poder es la parte del equipo que proporciona la corriente y carga el polvo, y ancla a tierra la pieza a pintar.
- **Toma a Tierra:** Toda pieza a ser pintada debe estar anclada a tierra, y todo equipo trae de una u otra forma un mecanismo para hacerlo, puede ser por medio de vincha, de tornillo, etc.

Ahora enunciaremos una variedad de posibilidades de equipos de aplicación de pintura en polvo, para ser analizados uno por uno en cuanto a sus especificaciones técnicas.

De estos equipos seleccionaremos el equipo que se usara en el proyecto, basado en el mejor uso y aplicación didáctica que pueda obtenerse.

2.1.1.1. Equipo para cambio rápido de color



Fig. 2.1, Equipo – Modelo IJ-900RM – recipientes múltiples.¹

Modelo: IJ-900RM – RECIPIENTES MULTIPLES

Módulo de mando:

- Sistema 2XU Manual o Automático

Tensión de entrada: 110 – 220 V

Frecuencia: 50 – 60 Hz

¹ www.arnum-as.com.ar

Presión Neumática de entrada: Máximo 7 Bares

Capacidad de carga de Pintura: 7 litros cada unidad (28 litros total)

Número de Tanques: disponible en 4 tanques y 3 tanques de depósito

2.1.1.2. Equipo sin Depósito



Fig. 2.2, Equipo – Modelo AN-33 VG.²

Modelo: AN – 33 VG

Módulo de mando:

- Sistema 2XU Manual o Automático
- Ideado para tecno pintura
- Protección con desconexión automática

² www.arnum-as.com.ar

- Diseñado para succionar directamente el polvo de su embase original

Tensión de entrada: 110 – 220 V

Frecuencia: 50 – 60 Hz

Presión Neumática de entrada: Máximo 7 Bares

2.1.1.3. Equipo con doble Salida



Fig. 2.3, Equipo – Modelo Q 07 Doble.³

Modelo: Q 07 DOBLE

Módulo de mando:

- Sistema 2XU Manual o Automático
- Lectura de datos digital

³ www.arnum-as.com.ar

- 2 Módulos de mando
- Capacidad de uso de 2 pistolas

Tensión de entrada: 110 – 220 V

Frecuencia: 50 – 60 Hz

Presión Neumática de entrada: Máximo 7 Bares

Capacidad de carga de Pintura: 24 litros

2.1.1.4. Equipo con una salida (fabricante “A”)



Fig. 2.4, Equipo – Modelo IJ-1001.⁴

Modelo: IJ - 1001

Módulo de mando:

- Sistema 2XU Manual o Automático
- Lectura de datos analógica

⁴ www.arnum-as.com.ar

- Capacidad de 1 Pistola

Tensión de entrada: 110 – 220 V

Frecuencia: 50 – 60 Hz

Presión Neumática de entrada: Máximo 7 Bares

Capacidad de carga de Pintura: 24 litros

2.1.1.5. Equipo con una salida (fabricante “B”)



Fig. 2.5, Powdertronic AN-11.⁵

Modelo: POWDERTRONIC AN – 11

Módulo de mando:

- Manual

⁵ www.ansertec.com.mx

- Lectura de datos analógica
- Capacidad de 1 Pistola

Tensión de entrada: 110 V

Frecuencia: 50 – 60 Hz

Presión Neumática de entrada: Máximo 7 Bares

Capacidad de carga de Pintura: 17 litros

2.1.1.6. Equipo de Laboratorio



Fig. 2.6, Powdertronic LAB II.⁶

Modelo: POWDERTRONIC LAB II

Módulo de mando:

⁶ www.ansertec.com.mx

- Sistema manual
- Diseñado para trabajos en laboratorios didácticos
- No requiere de cabina de pintado
- Capacidad de 1 Pistola

Tensión de entrada: 110 V

Frecuencia: 50 – 60 Hz

Presión Neumática de entrada: 1 - 3 kilogramo/centimetro²

Capacidad de carga de Pintura: 300 gramos.

2.1.2. Cuadro de especificaciones técnicas de los equipos

Cuadro 2.1, Especificaciones Técnicas de los Equipos

ESPECIFICACIONES TECNICAS					
EQUIPOS	MODULO DE MANDO	TENSION DE ENTRADA	FRECUENCIA EN HERCIOS	PRESION NEUMATICA MAXIMA DE ENTRADA	CAPACIDAD DE CARGA DE PINTURA
Equipo de cambio rapido de color	MANUAL AUTOMATICO	110/220 VOLTIOS	50/60 Hz	7 BARES	28 litros
Equipo sin Depósito	MANUAL AUTOMATICO	110/220 VOLTIOS	50/60 Hz	7 BARES	Depende de la presentacion de paquete de pintura
Equipo con Doble Salida	MANUAL AUTOMATICO	110/220 VOLTIOS	50/60 Hz	7 BARES	24 litros
Equipo con una salida fabricante "A"	MANUAL AUTOMATICO	110/220 VOLTIOS	50/60 Hz	7 BARES	24 litros
Equipo con una salida fabricante "B"	MANUAL	110 VOLTIOS	50/60 Hz	7 BARES	17 litros
Equipo de Laboratorio	MANUAL	110 VOLTIOS	50/60 Hz	3 BARES	300 ramos

2.1.3. Necesidades de la Facultad

Al hablar de las necesidades de la facultad, se consideró factores determinantes para la realización de este proyecto; partiendo de la necesidad de la carencia de este sistema y con el afán de satisfacer el requerimiento se busca implementar el sistema de pintura electrostático en la facultad.

Se estudiará el área de trabajo, la influencia del sistema y ubicación del equipo dentro de las instalaciones.

Cuando se haya encontrado y valorado las necesidades, entonces se estudiará los diferentes equipos para aplicación de pintura en polvo, que se ofrecen en el mercado, y, se definirá el diseño del proyecto a implementar, a lo que se llama selección del equipo.

2.1.3.1. Área de Trabajo

El área de trabajo es el campo de aplicación que tienen los “sistemas” dentro de un espacio determinado; para el caso en estudio se valora lo siguiente:

- **Importancia de un equipo de aplicación de pintura electrostática polvo para los estudiantes:**

Mientras un estudiante tenga mayor familiarización y mayor contacto con equipos de última tecnología, su aprendizaje y valoración para el campo ocupacional será mejor.

Técnicamente la aplicación de esta tecnología es infinita, llegando hoy en día a ser usada en todo campo industrial.

La tecnología que usan estos sistemas no solo es aplicable a la práctica de pintura en la Facultad, ya que todo el proceso implica conocimientos en electrostática, electricidad, entonces se vuelve útil para los estudiantes en el desarrollo de otras asignaturas como electrónica, electricidad y para una mejor comprensión de estos conceptos por parte de los alumnos.

Estos equipos son de fácil aplicación y fácil comprensión en su proceso de pintado.

- **Importancia que tiene para los docentes contar con este tipo de equipos de ayuda.**

Se considera importante al momento de dictar las clases, el contar con equipos que sustenten los conceptos con su aplicación. Las diversas actividades prácticas son así sustentadas por sus conceptos, de igual forma, los conceptos sustentados por las actividades prácticas.

La fácil utilización de estos equipos de última tecnología, hace que las clases sean mucho más provechosas, en cuanto a contar con equipos de aplicación y no solo con material didáctico.

- **Área conceptual.**

El espacio conceptual ocupa varias asignaturas que se dictan en la facultad, empezando por nuevas tecnologías, pintura automotriz, electricidad; como principales campos de estudio.

En pintura, es donde más se desarrollará el estudio, se puede pintar cualquier objeto que sea conductor de corriente, y experimentaremos todos los pasos de pintado, preparación de la pieza a pintar, puesta en marcha del equipo, aplicación de la pintura en polvo, recolección de los residuos reutilizables de la pintura, cambio de color, curado de la pieza; esto en el desarrollo teórico de la materia, sabiendo que podremos cumplir estos mismo pasos en el patio de trabajo con la aplicación práctica de los conceptos.

Para el desarrollo teórico de la parte eléctrica, el estudio de todos los conceptos que implican el perfecto funcionamiento del circuito para pintar con pintura en polvo; como son: electricidad estática, electrostática, campo electrostático, aislantes y conductores; conceptos estudiados en el primer capítulo.

- **Campo práctico.**

En la práctica del desarrollo de los conceptos, el equipo se vuelve indispensable para la perfecta comprensión de la teoría, complementar las clases con la aplicación práctica es aplicable con el equipo de pintura electrostática para todas las asignaturas descritas.

2.1.3.2. Influencia del Sistema

Las necesidades e importancia que puedan dar tanto los estudiantes como los docentes, al contar con un equipo de pintura electrostática dentro de la facultad, podemos determinar en cierto grado y con cierta relación que tan influyente es el contar dentro de la facultad con esta clase de equipos.

La influencia de este equipo dentro de la facultad está relacionada directamente con la importancia que le den los docentes y alumnos, sabiendo que las necesidades de equipos de última generación dentro de las universidades, y principalmente en el campo automotriz del país se limita a grandes talleres, se ve casi indispensable la familiarización de conceptos, tecnologías, campos de aplicación, de estos equipos con los alumnos.

La gama de aplicaciones de la pintura electrostática hoy en día es casi infinita, en la metalmecánica, en la industria automotriz, en la industria marítima, en la industria petrolera, en la fabricación de línea blanca, etc.; no solo se limita a la fabricación, hoy en día la utilización de pintura electrostática, se traslada también al mantenimiento preventivo y correctivo en la gran cantidad de industrias, para el mantenimiento de máquinas y herramientas. Realizándose trabajos en: fábricas, a cielo abierto, en el campo; los trabajos que se realizan en el campo son por ejemplo para el caso de maquinaria pesada, maquinaria marítima, etc., que es imposible su traslado a lugares cerrados para el pintado. En estos casos, se utiliza pinturas y técnicas que no requieren de un curado posterior de la pieza pintada, una técnica muy usada hoy en día es con base líquida, y con el curado por medio de lámparas calentadoras.

Cabe determinar que la influencia hoy en día de estos sistemas y estas tecnologías, no se limitan al campo universitario como lugar de entrenamiento, si no que, se trasladan al campo ocupacional de los estudiantes, que al toparse con estos equipos y técnicas de pintado en sus lugares de trabajo, deben conocer ya a lo que se están enfrentando.

Con todos estos antecedentes, que han sido simplificados para una rápida caracterización de la influencia del sistema en estudio, vemos que su influencia en el conocimiento de su funcionamiento y aplicaciones, es determinante en el estudiante de hoy para su constante actualización sobre las nuevas tecnologías.

2.1.4. Cuadro Valorativo de las Necesidades de la Facultad

Cuadro 2.2, Cuadro Valorativo de las necesidades de la Facultad.

	AREA DE TRABAJO												INFLUENCIA DEL SISTEMA					
	ESTUDIANTES			DOCENTES			CONCEPTUAL			PRACTICA			ESTUDIANTES			DOCENTES		
	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO
Equipo de cambio rapido de color		■			■			■				■			■			■
Equipo sin Depósito			■			■		■			■				■			■
Equipo con doble salida		■			■			■		■				■			■	
Equipo con una salida fabricante "A"	■			■			■				■		■			■		
Equipo con una salida fabricante "B"	■			■			■				■		■			■		
Equipo de Laboratorio	■			■			■			■			■			■		

Los cuadros pintados de Azul, indican el nivel que se considera cada equipo en sus diferentes estudios.

2.2. SELECCIÓN

En la selección del equipo se considera tres factores que se estiman determinantes, como son el factor económico, funcional y didáctico.

2.2.1. Cuadro Valorativo de los Equipos

Se expone un cuadro valorativo considerando todos los equipos enunciados anteriormente.

Cuadro 2.3, Cuadro Valorativo de los Equipos.

	ECONOMICO									FUNCIONAL						APLICACIÓN					
	INICIAL			OPERACIÓN			MANTENIMIENTO			MOVILIDAD			MANEJO			MOVILIDAD			APLICACIÓN		
	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO
Equipo de cambio rapido de color	ALTO			ALTO			ALTO					BAJO		MEDIO				BAJO	ALTO		
Equipo sin Depósito		MEDIO		ALTO				MEDIO		ALTO			MEDIO			MEDIO					BAJO
Equipo con doble salida	ALTO			ALTO			ALTO					BAJO			BAJO			BAJO		MEDIO	
Equipo con una salida fabricante "A"		MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO				BAJO			BAJO		MEDIO	
Equipo con una salida fabricante "B"		MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO				BAJO			BAJO		MEDIO	
Equipo de Laboratorio			BAJO			BAJO			BAJO	BAJO				MEDIO		BAJO			BAJO		

Los cuadros pintados de Azul, indican el nivel que se considera cada equipo en sus diferentes estudios.

2.2.2. Económico

Para realizar un estudio económico se debe estipular que la inversión en un equipo de esta naturaleza estará regida por el monto inicial, costos de mantenimiento, y costos de operación.

El monto inicial será asumido en el desarrollo del proyecto por fondos propios del responsable del proyecto.

Los costos de mantenimiento de los equipos de pintura electrostática están destinados a recambios de posibles piezas, para lo que describimos a continuación las partes que requieren recambios en todo sistema de pintura electrostática.

- Filtros de aire
- Boquillas
- Membranas Fluidizadora
- Mangueras
- Regulador de flujo

La vida útil de estas piezas, dependerá del uso y debido mantenimiento que se le dé al equipo, el costo del recambio estará directamente determinado por el origen de las piezas.

Entonces, si todos los equipos requieren de ese tipo de mantenimiento y recambio de piezas, el costo de mantenimiento no tendrá influencia en la selección del sistema a usarse en el proyecto.

Los costos de operación de un sistema de pintura electrostática si está determinado por el uso que se le dé, el tipo de pintura que se desee aplicar, tamaño de las piezas a ser pintadas, tiempo de operación del equipo.

Considerando que para la selección del equipo teniendo en cuenta su costo de operación, donde tiene influencia el sistema es: el tiempo de operación y el uso que éste tenga; si vemos que las necesidades técnicas de todos los equipos expuestos están relativamente iguales, entonces, vemos determinante el uso que se le dé y el tamaño de las piezas a ser pintadas. La facultad necesita un equipo de pintura electrostática para un mejor desarrollo didáctico de las clases, y mejor aprendizaje de los estudiantes por la práctica real de operación que tengan en los talleres de la universidad, siendo así, el equipo que se seleccione deberá ser lo más didáctico y útil, para el pintado de piezas pequeñas, para el rápido manejo, para su movilidad, para su fácil almacenaje y para su rápido mantenimiento.

Económicamente, descartamos los siguientes equipos, ya que sus precios de operación, iniciales, y mantenimiento no representan su utilidad dentro de la facultad:

- *Equipo para cambio rápido de color:* Para poner en marcha este equipo necesitamos llenar el mínimo de operación de cada depósito de pintura, que es de 3 litros por tanque, volviéndolo económicamente ineficiente para las utilidades de la facultad.
- *Equipo con doble salida:* Cuando disponemos de un equipo de doble salida su costo de mantenimiento y operación se duplica, necesitaremos de un mayor espacio para poder operar con dos pistolas. Entonces descartamos este sistema porque es inútil su aplicación en la facultad.

2.2.3. Funcional

Cuando hablamos de lo funcional tomamos varios aspectos en consideración, siendo indispensable la utilidad que se le dará al equipo dentro de la facultad.

Si se toma como concepto de utilidad a: ¿En qué será utilizado? y ¿Cómo se usará?; entonces nos planteamos 2 variables:

- La facultad contará con un equipo de pintura electrostática para utilizarlo en el campo práctico del desarrollo de las asignaturas.
- El equipo será usado, para dictar clases dentro y fuera del aula, para su perfecta apreciación en el ámbito conceptual y práctico, siendo manipulado su uso por todos los estudiantes.

Con estas dos variables se estudia la funcionalidad que brindarán para satisfacer estas necesidades los equipos estudiados.

Si anteriormente se descartó ya dos equipos ahora se tomará en cuenta a: Los equipos con una sola salida, de laboratorio y equipo sin depósito.

El equipo sin depósito es para tomar el polvo o pintura directamente desde su envase, sin cambiar el recipiente en el que viene desde la fábrica de pintura, siendo indispensable para su funcionamiento una gran cantidad de polvo en el depósito.

En el equipo de una sola salida tenemos dos opciones, siendo su única diferencia la capacidad de carga del depósito, el uno con una capacidad de 17 litros y el otro de 24 litros.

Siendo la utilidad el manejo de varias personas, y de movilidad para llevar dentro y fuera del aula, la capacidad de carga es la que definirá la selección.

Los que más facilidad de moverlos ofrecen son: Equipo sin depósito y el equipo de laboratorio.

Así entonces se descarta los siguientes:

- *Equipo con una salida (Mod. IJ – 1001)*
- *Equipo con una salida (POWDERTRONIC AN – 11)*

2.2.4. Didáctico

Siendo un equipo que será utilizado para el entrenamiento de estudiantes, este aspecto es el más importante, y se tomará como factores determinantes, las diferentes aplicaciones teóricas - prácticas, a las que se someterán los equipos.

Primero.- La preparación de las pinturas es indispensable, así mismo su selección, y forma de usarla por parte del sistema.

Segundo.- El cambio de colores es determinante, aquí debe saberse poner y sacar la pintura en polvo de las copas o recipientes de polvo.

Tercero.- la toma a tierra del objeto a ser pintado, este paso es indispensable y no puede ser omitido por ningún sistema de pintura electrostática.

Cuarto.- Las conexiones neumáticas, deberá tenerse en cuenta la capacidad máxima de la toma neumática que soporta cada sistema, así mismo, deberá disponerse de un separador de humedad para el fluido de aire antes de conectarse a la pistola.

Quinta.- Aplicación del polvo.

Los dos sistemas que nos quedan por seleccionar, utilizan un mismo sistema electrostático de aplicación por corona, es decir utilizan un electrodo en la pistola para cargar positivamente a las partículas de polvo de pintura, entonces, el estudio de su aplicación será el mismo.

Cabe recalcar que esta tecnología es la más usada en nuestro continente, ya que la fabricación de la pintura tanto para un sistema como para el otro es distinta, y la tecnología que utiliza Europa en la fabricación de pinturas es distinta a la que se aplica en América, por esta razón se toma en cuenta desde un inicio equipos que utilicen el sistema corona para la aplicación, ya que la pintura que se encuentra con mayor facilidad y a menor costo es la que utiliza este mecanismo.

Cayendo la selección del equipo en dos aspectos indispensables: el cambio de color y movilidad. Así se descarta el menos didáctico, menos funcional y menos conveniente económicamente.

- *Equipo sin depósito:* Consideramos al equipo sin depósito el menos conveniente para la implementación dentro de la facultad por:
 - Tamaño: Su tamaño no permite su fácil movilidad.
 - No funcional para moverlo fácilmente: Al ser necesitado un equipo lo mas didáctico posible, se requiere que se pueda mover con facilidad. Este equipo por su tamaño, peso, no puede moverse fácilmente donde se lo requiera para su uso.
 - Precio de operación: Al necesitar que su depósito sea la misma caja en que viene la pintura desde su fabricación y embalaje, su precio de operación es muy alto, ya que, se debería que tener varias cajas de pintura, para hacer su cambio. Y el costo de este insumo es elevado.
 - Es ideado solo para tecno pintura: La tecno pintura requiere de un tratamiento químico previo en la pieza a ser pintada, este paso no es práctico para el desarrollo en la facultad.
 - Ideado para producciones en línea: Por su capacidad de carga en el depósito, es ideal para trabajos en línea bajo un mismo tono y color.
 - Requiere mayor presión neumática de alimentación: La alimentación neumática de este equipo es de 7 bares.
 - Pedagógicamente no es eficiente: Para la aplicación que se busca, no es eficiente, por todo lo indicado en los ítems anteriores. Además no está diseñado para este fin.

En consecuencia el equipo del cual dispondremos para la aplicación del proyecto dentro de la facultad es:

- Equipo de laboratorio

POWDEORTORNIC LAB II

Se expone a continuación un cuadro valorativo de los parámetros de selección para el Equipo de Laboratorio seleccionado.

Cuadro 2.4, Cuadro valorativo de los parámetros de selección para el Equipo de Laboratorio seleccionado.

	EQUIPO DE LABORATORIO				
	MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
FUNCIONAL EN LO PRACTICO Y DIDACTICO					
DE FACIL TRANSPORTE Y MOVILIDAD					
BAJOS COSTOS DE MANTENIMIENTO					
BAJOS COSTOS DE OPERACIÓN					
APLICACIÓN EN LA FACULTAD					
INFLUENCIA EN ESTUDIANTES					
IMPORTANCIA PARA DOCENTES					

CAPITULO 3

3. IMPLEMENTACION

3.1. INSTALACIONES ELECTRICAS

3.1.1. Necesidades eléctricas del equipo seleccionado

El equipo seleccionado para el proyecto presenta dos requerimientos indispensables para su conexión eléctrica:

- Alimentación de corriente alterna 110 voltios
- Buena conexión a tierra física
- Alambres o cables calibre:
 - 10 AWG (Calibre de Alambre Americano)
 - 12 AWG (Calibre de Alambre Americano)
 - 14 AWG (Calibre de Alambre Americano)

3.1.2. Instalación de corriente alterna 110 voltios

Se instaló un toma corriente independiente para el uso del equipo de aplicación de pintura en polvo que se seleccionó.

Las instalaciones eléctricas dentro de la facultad son hechas en corriente alterna de 110 voltios. Por lo tanto para la instalación del nuevo toma corriente se hizo una extensión desde el toma corriente empotrado, hasta el nuevo toma corriente.

El conductor que se utilizó es un alambre calibre 12, como lo indica las necesidades del equipo, para su óptimo funcionamiento y seguridad. Por seguridad se usa cables de un solo color para corriente, en este caso amarillo.

El toma corriente que se instaló es externo, para conexión de tierra. Comúnmente llamados “de tres patas”.

3.1.3. Instalaciones a Tierra

La instalación a tierra, se hizo con:

- Varilla de cobre de 180 centímetros
- Anillo de cobre (abrazadera)
- Alambre calibre 12 AMG color rosado
- Manguera para cables de ½ pulgada

Se colocó la varilla de cobre en el exterior de la facultad, en su parte posterior. El alambre que se usó es de color rosado para distinguir el de color amarillo que lleva la instalación de corriente.

El toma corriente, fue instalado sobre una madrea para sujeción en la pared.

Todos los cables fueron pasados por canalones de seguridad para instalaciones eléctricas, así mismo el cable a tierra fue debidamente pasado por la manguera, y para su seguridad fue enterrado hasta llegar al vértice de la construcción. Este canal que se realizó en el patio posterior, fue debidamente tapado y señalizado.

3.2. INSTALACIONES NEUMATICAS

3.2.1. Necesidades neumáticas del Equipo Seleccionado

El equipo requiere de varios puntos para su debida instalación neumática, a continuación se enumera sus requerimientos:

- Presión de alimentación de: 1 a 3 Bares
- Separador de humedad o sistema de filtrado de aire
- Acoples rápidos para cañerías neumáticas
- Cañerías neumáticas (limitadas con la capacidad de presión del compresor)
- Compresor de aire con capacidad de carga mayor a 3 Bares

3.2.2. Instalación de filtros

Se dispone de un sistema de filtrado en línea, compuesto por 3 filtros, uno de ellos lleva incorporado un manómetro, para saber cuál es la presión del aire en la línea de filtrado (ya que el aire al pasar por los filtros no tendrá la misma presión indicada en el manómetro del compresor).

Todo filtro para un sistema de presión neumática, debe ser instalado verticalmente y a la altura promedio del operador o personal que controlará y dará mantenimiento al sistema de filtrado; es decir, mínimo 150 cm. Así mismo debe tener una distancia mayor a 8 cm de la pared o poste de fijación, para permitir el fácil desmontaje de los cilindros para el cambio de filtros y purgado.

Cada filtro está unido al otro por medio de rosca, para su perfecto sellado se usó empaques de teflón en forma de anillos.

Tomando en cuenta todas las normativas de seguridad se instaló el sistema de filtrado.

3.2.3. Instalación de Cañerías

El principal factor a tener en cuenta para la instalación de cañerías es que su capacidad de carga de presión sea la suficiente, o esté en el límite superior de la capacidad de carga del compresor.

Teniendo el sistema dos partes de cañerías, entonces cada una de ellas dependerá de la capacidad de carga en cada línea del sistema.

- **Primero:** *Del compresor al sistema de filtrado;* para esta línea del sistema se cuenta con una manguera de ¼ pulgadas, 10 metros de largo, y una capacidad máxima de carga de presión neumática de 19,58 Bares.
- **Segundo:** *Del sistema de filtrado a la pistola de aplicación;* en esta parte del circuito neumático se dispone de una manguera de 5 milímetros de diámetro (el diámetro indicado aquí es interno), 2 metros de largo, y baja presión de carga neumática.

3.2.4. Instalación de acoples rápidos

Las instalaciones de acoples rápidos están dispuestas de la misma forma que las cañerías o mangueras neumáticas, es decir en las dos líneas.

Se dispone en cada parte de 2 juegos de acoples rápidos (cada juego se compone de macho y hembra), para la línea que va del compresor hacia el sistema de filtrado, los acoples son de ¼ pulgadas, de la misma medida que la manguera.

En la línea neumática que va del sistema de filtrado a la pistola de aplicación, se dispone de un solo juego de acoples, que está dispuesto entre el sistema de filtrado y la manguera de 5 milímetros. En el otro extremo la pistola dispone de un acople directo para manguera de 8 milímetros (diámetro externo de la manguera de esta parte de la línea).

El compresor de aire que se necesita para el funcionamiento del sistema, no se puede determinar en este proyecto, ya que la universidad dispone de varios compresores, y gracias al sistema de filtrado y su manómetro para control de la línea de filtrado hacia la pistola, podemos usar cualquiera de estos, siempre y cuando respetemos la capacidad de carga de presión de aire de la cañería.

3.3. INSTALACIONES DE SEGURIDAD

3.3.1. Señalización

En la señalización se toma en cuenta las partes a ser usadas por el operador, así como se indica la ubicación de las líneas de corriente, para su rápida identificación en caso de reparación o mantenimiento.

A continuación se detalla las leyendas que llevarán los puntos que tienen señalización visual en el proyecto:

- Línea de filtrado de aire
- Entrada de la línea neumática en Filtros
- Salida de la línea neumática hacia la Pistola
- Leer instrucciones antes de usar

Ahora se enumera las señales de seguridad que se colocarán, para la adecuada señalización y seguridad:

- Toma a Tierra
- Toma Corriente
- Materiales inflamables
- Materiales tóxicos
- Riesgo eléctrico
- Debe utilizar protección para los ojos
- Debe utilizar protección para las manos
- Uso obligatorio de mascarilla
- Prohibido hacer fuego, llama y fumar

CAPITULO 4

4. PARTES Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO SELECCIONADO

4.1. PARTES DEL SISTEMA

El sistema para pintura en polvo está compuesto de varias partes que a continuación enumeramos y describimos rápidamente.

4.1.1. Compresor

Aumenta la presión del aire que entra, disminuyendo su volumen; para su aplicación en el sistema se requiere un compresor que nos brinde una presión de máximo 7 bares.

4.1.2. Regulador de presión

Permite controlar la presión del aire en el circuito. De esta manera se puede aumentar o disminuir la presión según sea nuestra necesidad.



Fig. 4.1, Manómetro regulador de presión.

4.1.3. Filtros

Para el caso de la pintura electrostática con polvo, es requisito indispensable tener un aire seco, y el uso de varios filtros, nos garantiza que el aire que usaremos es el adecuado. En este sistema usaremos 3 filtros. Estos filtros están unidos en un mismo mecanismo de filtrado con el regulador de presión que es el que mantiene la presión en los filtros y hacia la salida del sistema.



Fig. 4.2, Filtro de aire de 40 micras.



Fig. 4.3, Sistema de filtrado de aire.

4.1.4. Cañerías

Tenemos dos tipos de cañerías, una cañería principal en tubería, que va desde el compresor al regulador de presión y filtros, y una cañería plástica de 8 mm de diámetro que une los filtros con la pistola de aplicación. Esta cañería plástica se une a los filtros y la pistola por medio de acoples neumáticos rápidos.



Fig. 4.4, Manguera de 8 mm.



Fig. 4.5, Unión entre el sistema de filtrado y la pistola de aplicación por medio de manguera y acoples rápidos.

4.1.5. Acoples rápidos

Son piezas que facilitan el trabajo, al conectar y desconectar líneas neumáticas de un sistema, existen de diferentes tipos y su utilización es muy rápida y sencilla.



Fig. 4.6, Acople rápido de la manguera.



Fig. 4.7, Acople rápido de la pistola de aplicación.

4.1.6. Fuente de poder

Es donde se amplifica el voltaje y se ancla a tierra el circuito. Se lo controla a través del switch de pedal y el interruptor de encendido.



Fig. 4.8, Fuente de Poder.

4.1.7. Pistola de aplicación

La pistola de aplicación es una herramienta de pintado, donde tenemos el control de la aplicación del polvo, por medio de un gatillo. Aquí se conecta la entrada de aire, la copa recipiente de polvo, y la boquilla. Esta pistola está conectada o alimentada eléctricamente por la fuente de poder con un cable que en su extremo y en la parte interior de la pistola dispone de un electrodo en cascada, que es el que da la carga positiva al polvo.



Fig. 4.9, Pistola de Aplicación.

4.1.8. Conducto de salida

Se llama así a la parte anterior de la pistola por donde sale el polvo, su terminación es en una boca.

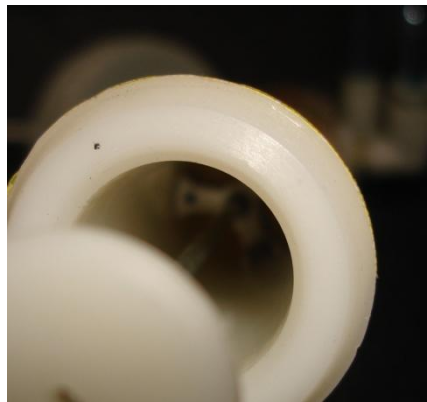


Fig. 4.10, Conducto de salida.

4.1.9. Copa recipiente de polvo

No es más que el depósito donde colocamos la pintura, este recipiente está dispuesto con una rosca para acoplarse a la pistola.



Fig. 4.11, Copa recipiente de polvo.

4.1.10. Tubo salida de aire

Este tubo es por donde sale el aire con el polvo agitado dentro de la copa, e ingresa al conducto de salida.



Fig. 4.12, Tubo salida de aire.

4.1.11. Tubo entrada de aire

Es por donde ingresa el aire que viene de la red neumática, para agitar el polvo dentro de la copa.

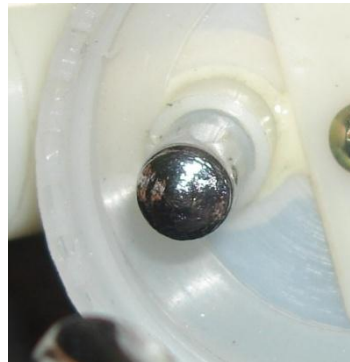


Fig. 4.13, Tubo entrada de aire.

4.1.12. Gatillo

Controla el flujo de aire dentro de la pistola, es accionado manualmente por el operador, lo que le permite a este tener el control de la aplicación del polvo.



Fig. 4.14, Gatillo de la pistola de aplicación.

4.1.13. Polo conductor

Es el polo conductor del circuito eléctrico que carga la pintura en polvo, y direcciona su carga positiva al emisor.

4.1.14. Clip a tierra

Es un simple contacto que cierra el circuito en la fuente de poder, y debe estar anclado a la pieza metálica que será pintada.



Fig. 4.15, Clip a Tierra.

4.1.15. Interruptor de pedal

El interruptor de pedal, actúa directamente sobre la fuente de pedal, y es accionado por el pie del operador, dándole a Este el control sobre el accionamiento de la fuente.



Fig. 4.16, Interruptor de pedal.

4.1.16. Boquilla

Está hecha de duralón, un material aislante y que permite el fácil fluido del polvo por sus paredes, existen de diferentes medidas, ya que estas nos dan el ángulo de incidencia del polvo sobre la pieza. Se lo coloca en la punta del emisor.



Fig. 4.17, Boquillas.

4.1.17. Emisor

Es el encargado de emitir el arco electrostático, está dispuesto en la punta anterior de la pistola. Sobre el emisor se encuentra maquinado una rosca para el perfecto ensamblaje de la boquilla.



Fig. 4.18, Emisor.

4.1.18. Tornillo regulador

Simplemente controla o regula la presión de aire que entrará a la pistola, su acción es manual.

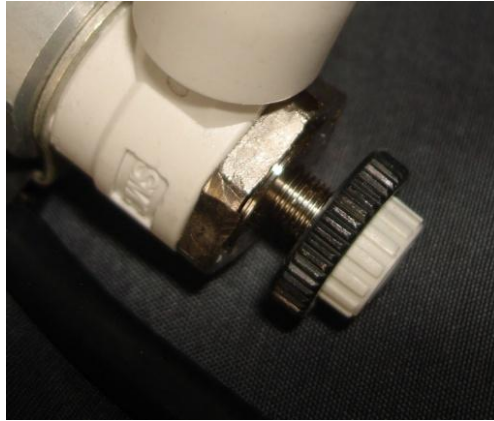


Fig. 4.19, Tornillo Regulador.

4.1.19. Indicador de encendido

Indica como su nombre lo dice, que el sistema esta encendido. Se encuentra en la fuente de poder y su indicador es por medio de una LED de color rojo.



Fig. 4.20, Indicador de Encendido.

4.1.20. Indicador de carga

Este nos indica cuando el sistema está en uso, es decir cuando estamos aplicando o sprayando el polvo. Su indicador es un LED de color verde.



Fig. 4.21, Indicador de Carga.

4.1.21. Interruptor

Es un interruptor común, que funciona para encender y apagar la fuente de poder.



Fig. 4.22, Interruptor.

4.1.22. Válvula de reducción de presión

Es una válvula que reduce la presión del polvo, actúa por rosca y manualmente, contamos en la pistola con una manguera plástica a la altura de esta válvula que nos permite ver el flujo del polvo.



Fig. 4.23, Válvula de reducción de presión.

4.2. FUNCIONAMIENTO

Para poder explicar teóricamente el funcionamiento del equipo, consideramos necesario hacerlo a manera de guía, dividiendo el proceso en varios ítems. A continuación se explica cada uno de ellos, sin embargo, para la correcta enseñanza y óptimo aprendizaje, es indispensable complementar esta guía con las prácticas de pintado.

1. Coloque o cuelgue el objeto limpio a ser cubierto cerca del sistema de ventilación. Si el objeto tiene ranuras o huecos, posicione el objeto para que la gravedad ayude al polvo a entrar en las ranuras o huecos.
2. Desatornille la Copa recipiente de polvo de la Pistola de aplicación y llene de 5 a 12 centímetros de polvo.

- a. Volteé la Copa y ponga en un pedazo limpio de papel.
 - b. Utilice un par de guantes desechables de vinil.
 - c. Volteé la Pistola y atornille la Copa atrás en la parte posterior de la Pistola.
3. Ate el clip a Tierra al objeto de metal que será recubierto. Si es posible, ate firmemente el Clip de Tierra a un área que no está siendo recubierta. Esta conexión es completamente necesaria para dirigir las partículas eléctricamente cargadas al objeto de metal.
 4. Encienda el interruptor de la Fuente de Poder.
 5. Encienda el compresor y ajuste la presión atmosférica entre 10 y 15 PSI. Esto debe hacerse en el regulador de presión que se encuentra en el sistema de filtrado, o en la Pistola ajustando la Válvula de Reducción de Presión.
 6. Apriete el Gatillo de la Pistola y el Interruptor de Pedal al mismo tiempo y pruebe el patrón de sprayeo en un pedazo de metal. El Gatillo controla el aire y el flujo de polvo. El Interruptor de pedal controla la carga eléctrica. Si el modelo es demasiado pequeño o demasiado grande, cambie la Boquilla. Recuerde que el extremo puntiagudo de la Boquilla debe ir hacia la Pistola y atornille adelante. El modelo de sprayeo también puede ajustarse con el Tornillo Regulador; suelte para extender el modelo de sprayeo, o apriétese para reducir el tamaño del modelo.

7. Al pintar, mantenga alejada la Pistola aproximadamente 20 centímetros del objeto de metal.
 - a. Apunte la Pistola hacia el objeto a ángulos diferentes para garantizar que todas las áreas sean cubiertas.
 - b. Al terminar, el objeto debe cubrirse completamente con una capa opaca de polvo.

8. Al terminar de sprayear:
 - a. Quite su pie del Interruptor de Pedal.
 - b. Apriete en la Fuente de Poder el Interruptor a la posición de Apagado.
 - c. Desenchufe de la toma de corriente eléctrica.

ADVERTENCIA: La Pistola todavía se encontrará cargada eléctricamente. Descargue el Polo Conductor antes de tocarlo o usted podría recibir un fuerte golpe eléctrico.

9. Toque el Polo Conductor al Clip a Tierra para descargar cualquier electricidad residual.

A continuación se da varios ítems para el curado de la pieza, como guía de conocimiento práctico (el curado de la pieza se recomienda como materia de otra investigación).

1. Con el horno precalentado a la temperatura deseada (300 a 500 grados F), ponga el objeto en el rack del horno, cierre la puerta.
 - a. El tiempo de curado típico es determinado por el fabricante de la pintura dependiendo de su tipo y clase. Verifique el recipiente de Recubrimiento en Polvo para conocer la temperatura recomendada y su tiempo.
 - b. Si el objeto es grande, el curado puede tardar más tiempo del indicado. En capítulos anteriores se indicó los factores por los que nos guiaremos y las condiciones que debemos tener en cuenta para esto.
 - c. La capa de polvo debe fundirse en una capa lisa y de apariencia brillante por todo el objeto.
 - d. Verifique constantemente el objeto curado para prevenir un sobrecurado, que puede causar una superficie áspera (el tono de la pintura comenzará a tornarse opaco y amarillento).

2. Una vez curado el objeto, apague el horno y abra la puerta del horno ligeramente, para permitir al objeto refrescarse gradualmente antes de sacarse. Cuando el objeto se refresca demasiado rápido, puede dañarse el recubrimiento.

4.3. MANTENIMIENTO

El mantenimiento del equipo se lo realiza con una limpieza mediante aire comprimido después de cada uso.

Se debe seguir una guía básica para la correcta limpieza y almacenaje:

5. Use guantes de vinil desechables.
6. Desenchufe la caja de mando del toma corriente.
7. Descargue el polo conductor con el clip a tierra.
8. Quite la copa y regrese cualquier polvo restante en su recipiente original.
9. Usando aire comprimido, sople la copa y todas las partes que han coleccionado polvo, hasta dejarlas completamente limpias y secas.
10. En el residuo de polvo incontaminado puede guardarse y puede rehusarse.
11. Almacene el polvo y el equipo de pintado, en una caja localizada en un lugar limpio y seco.

CAPITULO 5

5. PRECAUCIONES E INDICACIONES DE SEGURIDAD

5.1. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Para reducir el riesgo de lesión personal o daño al equipo, algunas precauciones básicas deberán seguirse siempre que utilice el equipo:

1. Mantenga el área de trabajo limpia. Las áreas sucias propician accidentes.
2. Observe las condiciones del área de trabajo. No utilice máquinas eléctricas en lugares húmedos o profundos. No los exponga a la lluvia. Mantenga el área bien iluminada. No utilice herramientas eléctricas en presencia de líquidos o gases inflamables.
3. Mantenga alejados a los niños. Nunca deberá permitir el acceso de niños al área de trabajo. No les permita agarrar herramientas, máquinas, o cables de extensión.

4. Guarde el equipo no utilizado. Cuando no se utilicen, las herramientas deben ser guardadas en un lugar seco, para evitar la oxidación. Siempre asegure las herramientas y manténgalas fuera del alcance de los niños.

5. No fuerce la herramienta. La herramienta realizará mejor y más seguro el trabajo al ritmo para el que fue diseñado. No utilice accesorios inapropiados en un intento de exceder la capacidad de la herramienta.

6. Utilice la herramienta adecuada para cada trabajo. No intente forzar una pequeña herramienta o accesorio para realizar el trabajo de un área industrial grande. Ésta herramienta fue realizada para ciertas aplicaciones. No modifique la máquina y no utilice esta máquina para un trabajo que no fue diseñada.

7. Vista adecuadamente. No utilice ropa holgada y joyería debido a que pueden ser atrapadas por partes en movimiento. La ropa deberá ser protectora, no conductiva eléctricamente y zapatos no resbaladizos son recomendados al momento de trabajar. Utilice cubiertas restrictivas cuando tenga el cabello largo.

8. Utilice protección ocular y acústica. Siempre utilice lentes a prueba de impacto. Utilice una máscara o un respirador al trabajar y operar con polvos químicos.

9. No exceda. Mantenga un balance y anclaje propio en todo momento. No exceda o sobrepase máquinas en movimiento.

10. Mantenga las herramientas con cuidado. Mantenga las herramientas limpias para un desempeño óptimo y seguro. Siga una adecuada lubricación y cambio de accesorios. Inspeccione los cables de las herramientas periódicamente y, si se encuentran dañados, repárelos técnicamente.

11. Desconecte de la corriente eléctrica. Desconecte el transformador cuando no se esté utilizando.

12. Evite encendidos no intencionados. Asegúrese que el interruptor esté en la posición de Apagado cuando no se esté utilizando y antes de desconectarse. No mueva la herramienta con su dedo en el disparador, esté o no conectada.

13. Manténgase alerta. Observe lo que está haciendo, utilice el sentido común. No opere la herramienta cuando esté cansado.

14. Verifique las partes dañadas. Antes de utilizar cualquier herramienta, cualquier parte que parezca dañada deberá ser verificada cuidadosamente, para determinar que operará propiamente y realizara su función. Verifique que las partes móviles estén alineadas y fijas; cualquier parte rota o grietas; y cualquier otra condición que pueda afectar la operación propia. Cualquier parte que esté dañada debe ser propiamente reparada o remplazada. No

utilice la máquina si cualquier interruptor no se prende y apaga correctamente.

15. Prevenga los choques eléctricos. Prevenga el contacto con el cuerpo de las partes aterrizadas. Al recubrir un objeto nunca lo agarre con una mano mientras lo pinta con la otra.

16. Partes de reemplazo y accesorios. Cuando le de mantenimiento utilice únicamente partes de reemplazos idénticos.

17. No utilice la máquina si está bajo la influencia de las drogas o el alcohol. Si existe cualquier duda no utilice la herramienta.

18. Use extensiones eléctricas adecuadas. Si se requiere un cable de extensión, deberá ser de tamaño adecuado para proveer la corriente a la herramienta sin calentarla. De otra manera, el cable de extensión podría fundirse y provocar fuego, o causar daño eléctrico a la herramienta. Si usted está utilizando la herramienta en exteriores, use un cable de extensión para uso en exteriores (identificado con las siglas WA en el forro).

19. Mantenimiento. Para uso seguro, deberá realizarse servicio y mantenimiento de manera regular.

Nota: El desempeño de esta máquina puede variar dependiendo de las variaciones de voltaje en la línea local. El uso de un cable de extensión también puede variar el desempeño de esta herramienta.

5.2. ADVERTENCIAS

Las advertencias, las precauciones, y las instrucciones discutidas no pueden cubrir todas las condiciones y situaciones posibles que puedan ocurrir. Debe ser entendido por el operador que el sentido común y la precaución son factores que no se pueden construir, pero el operador deberá usarlos.

5.2.1. Advertencias adicionales de seguridad para el sistema de pintura en polvo

- El polvo al flotar en el aire es inflamable.
 - a. Ventile bien el área.
 - b. Verifique que no haya llamas o alguna fuente de ignición cerca.
 - c. Controle el exceso del polvo limpiando después de cada uso.
 - d. Nunca limpie con una aspiradora que no sea a prueba de explosiones.
 - e. Nunca fume mientras usa el sistema de pintura en polvo.

- Evite el choque eléctrico
 - a. Nunca toque el emisor (extremidad del metal) de la pistola. Después de usarlo y **apagarlo**, toque el emisor con el clip de tierra para descargarlo.
 - b. No utilice la Pistola, si usted lleva y utiliza cualquier dispositivo médico electrónico.
 - c. Nunca toque el objeto del metal cuando este pintando.

- Evite la contaminación de pintura en polvo.
 - a. Proteja sus pulmones usando una máscara apropiada para evitar la inhalación del polvo.
 - b. Nunca cure los objetos en un horno eléctrico que también utilice para alimentos.

CAPITULO 6

6. PROBLEMAS, POSIBLES CAUSAS Y POSIBLES SOLUCIONES EN EL ACABADO

Esta guía pretende mostrar una serie de soluciones a los eventuales inconvenientes que pudieran presentarse en la práctica con la aplicación del revestimiento en polvo.

Muchos de estos problemas pueden evitarse mediante la aplicación de procedimientos correctos y una adecuada supervisión. Prestando una cuidadosa atención a los pasos críticos tales como: provisión de aire comprimido limpio y seco, una correcta conexión a tierra, limpieza de la instalación, establecer un programa adecuado de mantenimiento preventiva, etc., evitará una serie de potenciales problemas de operación.

6.1. PROBLEMAS EN MANGUERAS Y BOMBEO

PROBLEMA:

Vénturi tapado producto de la fusión de polvo por impacto.

CAUSAS:

- 1.- Situación normal.
- 2.- Presión de aire muy alta.
- 3.- Humedad en aire de entrada.
- 4.- Polvo muy fino.

SOLUCIONES:

- 1.- Limpie o reemplace partes.
- 2.- Bajar presión de aire en el regulador y pistola.
- 3.- Chequear filtros de aire principal, limpieza y secado.
- 4.- Agregue polvo virgen.

PROBLEMA:

Insuficiente alimentación de polvo.

CAUSAS:

- 1.- Polvo no fluidiza
- 2.- Obstrucción, entrada principal de polvo contaminada.
- 3.- Manguera corrugada por el interior.
- 4.- Baja presión de aire.

SOLUCIONES:

- 1.- Chequear sección fluidización.
- 2a.- Desarme y limpie vénturi y mangueras.
- 2b.- Chequee posible contaminación en entrada principal de polvo.
- 2c.- Tamizar el polvo.
- 3a.- Cambie mangueras.
- 3b.- Evite curvas agudas en mangueras.
- 3c.- Evite que la manguera cruce zonas de tráfico.
- 4.- Chequee entrada principal de aire. Ajuste bomba y pistola.

6.2. EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA ELECTROSTATICO

PROBLEMA:

Deficiente carga. (Inadecuado efecto envolvente)

CAUSAS:

- 1.- Fuente de alto voltaje no provee el suficiente voltaje de carga a los electrodos.
- 2.- Pobre puesta a tierra.
- 3.- Salida de polvo (alimentación muy alta).
- 4.- Polvo muy fino.
- 5.- Presión de aire muy alta, discontinuidad en la alimentación.

SOLUCIONES:

- 1a.- Chequear fuente de alto voltaje. Sistemáticamente chequee continuidad de la fuente a los electrodos, incluyendo resistencias y fusibles.
- 1b.- Reemplace electrodo faltante o roto.
- 1c.- Limpie electrodo aislado por polvo, producto de fusión por impacto.

- 2.- Chequee conexión a tierra del riel. Todas las áreas unidas a tierra tienen que estar libre de polvo, grasa y cualquier material aislante.
- 3.- Baje alimentación hasta que todo el polvo que está pasando por la corona o campo magnético esté cargando adecuadamente.
- 4.- Agregue polvo virgen.
- 5.- Baje presión de aire, mueva la pistola de posición. Pinte más lejos de las piezas.

PROBLEMA:

Pobre penetración. Polvo no pinta áreas con celdas de Faraday. (Agujeros, ranuras, canales, esquinas interiores, entradas, etc.)

CAUSAS:

- 1.- Alimentación de polvo muy baja.
- 2.- Mala conexión a tierra.
- 3.- Abanico o deflector de polvo muy ancho.
- 4.- Voltaje muy alto.
- 5.- Velocidad de alimentación del polvo muy alta.
- 6.- Mala ubicación de las pistolas.

SOLUCIONES:

- 1a.- Subir la presión del aire.
- 1b.- Use barra de extensión para la pistola.
- 2.- Chequee conexión a tierra, ver salida de polvo. Deficiente carga.
- 3.- Seleccione un deflector más pequeño.
- 4.- Baje el voltaje hasta que el polvo no sea repelido en las esquinas.
- 5.- Disminuya la alimentación de aire de tal manera que la corriente de aire no sople el polvo de las esquinas.
- 6.- Ajuste posiciones de la pistola para que la nube de polvo quede directo hacia la zona conflictiva.

PROBLEMA:

Las capas de polvo son repelidas por las piezas en algunas zonas.

CAUSAS:

- 1.- Voltaje muy alto.
- 2.- Posición de la pistola muy encerrada en la pieza.
- 3.- Mala conexión a tierra.

4.- Polvo muy fino.

SOLUCIONES:

- 1.- Disminuir voltaje.
- 2.- Cambie posición de la pistola.
- 3.- Chequear conexiones a tierra.
- 4.- Mucho reciclado, agregue polvo virgen.

PROBLEMA:

Polvo desarrolla carga al azar.

CAUSAS:

- 1.- Polvo y aire de cabina muy seco.
- 2.- Mala conexión a tierra del equipo de reciclado.

SOLUCIONES:

- 1.- Ajuste nube de polvo en área humedecida.
- 2.- Ponga a tierra a todos los equipos.

PROBLEMA:

Salida de polvo discontinua.

CAUSAS:

- 1.- Insuficiente presión o volumen de aire.
- 2.- Manguera torcida, aplanada o muy larga.
- 3.- Manguera, Venturi o Pistola obstruida con polvo.

SOLUCIONES:

- 1.- Chequee entrada principal de aire ¿Cañería de aire principal tiene el largo suficiente? ¿Existe volumen de aire suficiente para los otros equipos, tales como limpieza, reciclaje, pulsos de filtros, presión realimentación para polvos?
- 2.- Chequear manguera de alimentación del polvo.
- 3a.- Chequear manguera vénturi y pistola.
- 3b.- Chequear humedad del aire, principal causante de compactación.
- 3c.- Chequear humedad relativa del aire.
- 3d.- Chequear posible contaminación a la entrada principal del polvo. Chequear reciclaje.

PROBLEMA:

Mala pulverización: nube de polvo no es simétrica.

CAUSAS:

- 1.- Partes de la pistola gastadas.
- 2.- Partes de la pistola con producto fundido.
- 3.- Alimentación de aire muy baja.
- 4.- Mangueras, venturi o pistola bloqueada con polvo.
- 5.- Salida de polvo (alimentación) muy alta.

SOLUCIONES:

- 1.- Reemplace partes dañadas, tubos de entrada, orificios, deflectores.
- 2.- Limpie la pistola.
- 3.- Chequear entrada principal de aire, para alimentación de polvo.
- 4.- Limpiar sistema completo.
- 5.- Reducir la cantidad de polvo que sale por la pistola.

6.3. ESTUDIO DE PIEZAS CURADAS

A continuación estudiaremos las posibles causas y soluciones de problemas con productos terminados o curados.

6.3.1. Propiedades físicas finales del producto curado

PROBLEMA:

Resistencia a impacto y flexibilidad deficientes.

CAUSAS:

- 1.- Curado insuficiente.
- 2.- Mala limpieza o pretratamiento.
- 3.- Espesor de película muy alto.
- 4.- Cambio en el espesor o tipo de sustral.

SOLUCIONES:

- 1a.- Subir temperatura del horno.

- 1b.- Aumentar tiempo en el horno.
- 2.- Chequear equipo y análisis químico de los baños.
- 3.- Reducir espesor ajustando los equipos de aplicación.
- 4.- Chequear sustrato.

PROBLEMA:

Mala adherencia.

CAUSAS:

- 1.- Mala limpieza o pre tratamiento.
- 2.- Cambio en el sustrato.
- 3.- Bajo curado.

SOLUCIONES:

- 1.- Chequear análisis químico de los baños.
- 2.- Chequear sustrato con fabricante.
- 3.- Subir temperatura del horno.

PROBLEMA:

Baja resistencia a la corrosión.

CAUSAS:

- 1.- Limpieza o pre tratamiento deficiente.
- 2.- Bajo curado.

SOLUCIONES:

- 1.- Chequear análisis químico de los baños.
- 2a.- Aumentar temperatura del horno.
- 2b.- Aumentar tiempo en el horno.

PROBLEMA:

Mala resistencia química.

CAUSAS:

- 1.- Bajo curado.

SOLUCION:

1a.- Aumentar temperatura de horno.

1b.- Aumentar tiempo de horneado.

PROBLEMA:

Dureza a lápiz y resistencia a la abrasión deficientes.

CAUSAS:

1.- Bajo curado.

SOLUCIONES:

1.- Incrementar tiempo de horneado.

6.3.2. Apariencia de la película curada

PROBLEMA:

Mal flujo superficial; excesiva piel de naranja.

CAUSAS:

- 1.- Espesor de película muy bajo.
- 2.- Subida de temperatura muy lenta.

SOLUCIONES:

- 1.- Subir espesor ajustando equipos de aplicación.
- 2a.- Subir temperatura de horneado.
- 2b.- Modificar regulación de baffles para aumentar velocidad del calor.

PROBLEMA:

Brillo muy bajo, para productor brillante.

CAUSAS:

- 1.- Contaminación con polvo incompatible.
- 2.- Microporosidad debida a gases.

SOLUCIONES:

- 1.- Limpiar quipos de aplicación antes de cambiar el polvo.

2a.- Chequear porosidad del sustrato.

2b.- Chequear humedad del sustrato.

2c.- Chequear humedad del polvo por reciclaje o aire comprimido.

2d.- Chequear espesor de película muy gruesa.

PROBLEMA:

Brillo muy alto, para productor con polvo brillo.

CAUSAS:

1.- Curado insuficiente.

2.- Formulación.

SOLUCIONES:

1a.- Incrementar temperatura de horneado

1b.- Subir tiempo de horneado.

2.- Chequear con Dpto. Técnico.

PROBLEMA:

Contaminación en polvo.

CAUSAS:

- 1.- Tamiz del equipo faltante o inoperable.
- 2.- Basura o polvo que cae desde los soportes.
- 3.- Contaminación desde el medio ambiente a través del aire.

SOLUCIONES:

- 1.- Reemplazar tamiz o reparar si es necesario.
- 2.- Limpiar los soportes regularmente.
- 3.- Aislar toda el área de spray. Preferentemente encerrar en un cuarto con control de humedad y filtración de aire.

PROBLEMA:

Espesor de película no es homogéneo.

CAUSAS:

- 1.- Posición y/o partes de la pistola gastada.

SOLUCIONES:

- 1.- Chequear pistola y reubicarlas.

PROBLEMA:

Fuera de color.

CAUSAS:

- 1.- Inadecuada ventilación del horno.
- 2.- Tiempo de curado muy largo.
- 3.- Temperatura del horno muy alta.

SOLUCIONES:

- 1.- Chequear ventilación del horno.
- 2.- Ajustar velocidad de la línea.
- 3.- Baja temperatura del horno.

PROBLEMA:

Película de pintura se contrae sobre el sustrato.

CAUSAS:

1.- Limpieza deficiente, secado final del metal.

SOLUCIONES:

1.- Chequear pre tratamiento, horno desecado y drenaje.

6.3.3. Irregularidades en la película curada

PROBLEMA:

Polvo, precurado de otro material.

CAUSAS:

1a.- Suciedad o granos en la superficie del metal.

1b.- Suciedad en piezas con polvo.

SOLUCIONES:

1a.- Chequee pretratamiento.

1b.- Chequear el polvo y la causa de la contaminación del local. Si es necesario, limpie la instalación y use polvo virgen.

PROBLEMA:

Mateado del polvo.

CAUSAS:

1.- Contaminación con polvo en base a otra resina.

SOLUCIONES:

1.- Limpiar instalación.

PROBLEMA:

Cáscara de Naranja.

CAUSAS:

- 1.- Horneado del material muy rápido o muy lento.
- 2.- Distribución del tamaño de partícula muy grueso o muy fino.
- 3.- Contaminación (humedad).

SOLUCIONES:

- 1.- Chequee ciclo de curado.
- 2.- Consulte a Departamento Técnico.
- 3.- Reemplace el polvo.

PROBLEMA:

Cráteres.

CAUSAS:

- 1.- Contaminación con otro polvo basado en otra resina.
- 2.- Mal pretratamiento, remanente de grasas.
- 3.- Contaminación con material incompatible Ej.: Siliconas-Solventes, Clorados-Freon, etc.

SOLUCIONES:

- 1.- Limpie la instalación. Si es necesario, consulte a su proveedor.
- 2.- Chequear pretatamiento.
- 3.- Chequear presencia de material incompatible, limpie la instalación completa.

PROBLEMA:

Porosidad

CAUSAS:

- 1.- Humedad del polvo muy alta.
- 2.- Aire entrampado.
- 3.- Gas atrapado y escapa debido a la reacción química.

SOLUCIONES:

- 1.- Chequee condiciones de almacenaje. Humedad
- 2.- Precaliente la pieza a 160 °C y enfríe antes de la aplicación.
- 3.- Pinte bajo 100 micrones.

6.4. ESTUDIO DE POSIBLES PROBLEMAS CON EL POLVO

6.4.1. Insuficiente polvo en producción

PROBLEMA:

Malas propiedades de fluidización en el estanque del polvo.

CAUSAS:

- 1.- Presión del aire del fluidizador muy baja.
- 2.- Membrana del fluidizador bloqueada.
- 3.- Humedad del aire comprimido muy alta.
- 4.- Humedad del polvo muy alta.

SOLUCIONES:

- 1.- Subir presión de aire del fluidizador.
- 2.- Limpie y/o reemplace membrana.
- 3.- Instalar un secador de aire, u otro sistema de secado.
- 4.- Chequear estabilidad de almacenaje; humedad máxima en almacén: 75%.

PROBLEMA:

Venturi y mangueras bloqueadas.

CAUSAS:

- 1.- Polvo fundido en el venturi.
- 2.- Polvo fundido en mangueras.

SOLUCIONES:

- 1.- Limpie o reemplace las piezas. Si es necesario, disminuya presión de aire de transporte.
- 2a.- Limpiar o cambiar mangueras.
- 2b.- Instalar sistema de secado de aire.

PROBLEMA:

Pistola bloqueada.

CAUSAS:

- 1.- Polvo fundido a la salida de la pistola.

2.- Bloqueo causado por contaminación con polvo de otro material.

SOLUCIONES:

1.- Limpie la pistola de acuerdo a instrucciones del fabricante.

2.- Limpiar pistola de acuerdo a instrucciones. Chequee bomba por posible producto fundido.

6.4.2. Pobre cobertura del polvo

PROBLEMA:

Insuficiente efecto envolvente.

CAUSAS:

1.- Mala carga electrostática del polvo.

2.- Insuficiente contacto a tierra.

3.- Uso de polvo no adecuado.

SOLUCIONES:

1a.- Ajuste nivel de carga (incremente). Si no es posible, chequear pistola.

- 1b.- Chequear posible ruptura de los electrodos.
- 1c.- Chequear posible fricción del polvo en la manguera. Cambiar material de la manguera.
- 2.- Chequear los contactos a tierra, usando resistencia adecuada. Corregir.
- 4.- Verifique tipo y características del polvo, y sus aplicaciones.

PROBLEMA:

Mala penetración en esquinas, ángulos, etc.

CAUSAS:

- 1.- Fuerza del polvo muy baja.
- 2.- Insuficiente contacto a tierra.
- 3.- Nube de polvo muy amplia.

SOLUCIONES:

- 1.- Verificar presiones y conexiones a tierra.
- 2.- Chequear conexión a tierra. Use instrumento adecuado.
- 3.- Instalar deflector que permita obtener nube de polvo, más angosta.

PROBLEMA:

Mala Adherencia a la pieza; falla fácilmente.

CAUSAS:

- 1.- Carga electrostática muy pobre.
- 2.- Fuerza del polvo o aire de transporte muy alto, el cual sopla el polvo del objeto.
- 3.- Polvo no indicado para el tipo de objeto.

SOLUCIONES:

- 1.- Ajuste nivel de carga. Si no es posible, chequear equipos.
- 2.- Reducir salida de polvo y/o presión de transporte de aire.
- 3.- Verifique el tipo de polvo y sus aplicaciones.

CAPITULO 7

7. ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO

7.1. PRESUPUESTO ESTIMADO AL INICIO DEL PROYECTO

7.1.1. Ingeniería y administración:

- Personal: El valor estimado a pagar el personal involucrado en este proyecto es de \$100 (CIEN Dólares Americanos).
- Misceláneos: El valor estimado como misceláneos es de \$150 (CIENTO CINCUENTA Dólares Americanos)
- Honorarios a profesionales: El valor estimado a pagar a asesores profesionales que colaboren con este proyecto es de \$ 200 (DOS CIENTOS Dólares Americanos)
- Adquisición de materiales y equipos: El valor de los materiales necesarios para la realización de este proyecto son:

Cantidad	Equipo	Descripcion	V. Unit	V. Total
1	PISTOLA	ELECT.		\$ -
1	TANQUE	DEP. POLVO		\$ -
1	LINEA FILTROS	3 FIL. FESTO		\$ -
				\$ -
			TOTAL	\$ 4.000,00

- Otros costos directos: El valor estimado es de \$100 (CIEN Dólares Americanos)
- Imprevistos: El estimado para imprevistos es de \$400 (CUATRO CIENTOS Dólares Americanos)
- Financiamiento: El financiamiento para el proyecto se hará a través de fondos propios.

7.2. DESGLOSE DE LOS COSTOS REALES DEL PROYECTO

Costo de equipo de aplicación seleccionado:

\$ 1990,00 (MIL NOVECIENTOS NOVENTA DOLARES AMERICANOS)

Costo de importación del equipo (pagos impuestos y honorarios)

\$ 560,00 (QUINIENTOS SESENTA DOLARES AMERICANOS)

Costo de sistema de filtrado (Separador de Humedad)

\$ 380,00 (TRES CIENTOS OCHENTA DOLARES AMERICANOS)

Costos de cañerías y acoples rápidos

\$ 46,00 (CUARENTA Y SEIS DOLARES AMERICANOS)

Costo de pintura en polvo para pruebas

\$ 70,00 (SETENTA DOLARES AMERICANOS)

Costo de varios de instalación

\$ 200,00 (DOSCIENTOS DOLARES AMERICANOS)

7.3. COSTO TOTAL DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

\$ 3246,00 (TRES MIL DOS CIENTOS CUARENTA Y SEIS DOLARES AMERICANOS)

7.4. CONCLUSIONES ECONOMICAS

En un principio se tenía un costo inicial previsto de:

\$ 4990,00

El costo final real es de:

\$ 3246,00

En consecuencia se determina que se tuvo un ahorro de \$ 1744,00 que representa el 35% del costo inicial, esta reducción del costo se atribuye a la selección del equipo, y ahorro de materiales.

7.5. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

El financiamiento del proyecto, se realizó en su totalidad con fondos propios del responsable del proyecto.

CAPITULO 8

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

Al finalizar el desarrollo del proyecto podemos concluir, que la implementación de nuevas tecnologías se vuelve indispensable en la formación de los nuevos profesionales, el perfecto dominio de los conceptos básicos es indispensable para la aplicación práctica de equipos y sistemas, en este caso de Pintura Electroestática.

El desarrollo de sistemas de Pintura Electroestática está limitado a la capacidad operacional del mismo, en nuestro país cada vez son más las industrias que optan por este sistema, ser mano de obra calificada es una ventaja para los nuevos profesionales.

La Pintura Electroestática reduce el costo de producción para la fabricación en línea de algún producto, ya que su materia prima, “el polvo”, es reutilizable casi al 100%.

Al ser reciclable, va de la mano con los estándares ambientales, reduciendo la contaminación al máximo, en comparación con otras variables de pintura.

8.2. RECOMENDACIONES

En primer lugar como recomendación, es el adecuar una cabina de pintado para este sistema. Así mismo, el horno de curado es indispensable su adquisición o construcción, se recomienda la elaboración de este horno, mediante proyecto de investigación, para la complementación de conceptos y el perfecto funcionamiento de este sistema.

La seguridad es indispensable en la operación del equipo, ya que se está trabajando con productos altamente inflamables, y con altos voltajes.

El operador debe respetar las normas de seguridad, y seguir con los regímenes establecidos para el perfecto funcionamiento del equipo.

Se recomienda que para la operación del sistema este siempre presente el responsable del grupo de prácticas por: La sensibilidad del equipo y el riesgo que se tiene al trabajar con altos voltajes.

Se sugiere en futuras investigaciones, tratar el curado de las piezas teniendo como antecedente que este dependerá del tipo de pintura.

Cuando se adquiera la pintura en polvo asegurarse que es para un sistema tipo corona.

9. BIBLIOGRAFIA

- FINN, Alonso, *Física*, Addison – Wesley Iberoamericana, 1995
- SERWAY, *Física*, Editorial McGraw – Hill, 1992
- BERKSON W, *Las teorías de los campos de fuerza desde Faraday hasta Einstein*, Alianza Editorial, 1985
- GOLDEMBER, José, *Física General y Experimental*, Edición Iberoamericana, 1982
- WIKIPEDIA, www.wikipedia.org
- LA VIDA ES COLOR, perso.wanadoo.es/lavidaescolor/index.htm
- POWDERTRONIC, www.powdertronic.com
- CALIDAD 2002 S.L., www.calidad2002.com
- ASIMET, www.asimet.com
- TENROJ CAR-CROSS, www.tenroj.com